

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СВАРОЧНОЙ ОСНАСТКИ ДЕТАЛИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА, ВЫПОЛНЕННОЙ ИЗ СПЛАВА ВТ6

В данной статье рассматривается применение компьютерного моделирования методом конечных элементов для разработки сварочной оснастки компонента летательного аппарата. Приведено основное описание принципа построения математической модели системы оснастка – свариваемая деталь для оценки уровня возникающих напряжений и деформаций после проведения процесса сварки. Проведен анализ полученных результатов.

Ключевые слова: сварка, сварочная оснастка, сварка тонколистовых металлов, математические методы компьютерного анализа процессов и объектов сварки, метод конечных элементов, остаточные напряжения и деформации после сварки.

U. S. Korobov, G. A. Bilenko, R. U. Haybrahmanov

WELDING EQUIPMENT DESIGNING FOR AIRCRAFT PART MADE OF BT6 TITANIUM ALLOY USING COMPUTER SIMULATION METHODS

Computer simulation by finite element method for aircraft part welding equipment design is considered in this article. General description of mathematical model creation algorithm for welded detail – welding equipment system is shown. Stress strain state analysis after computation is provided.

Keywords: welding, welding equipment, thin metal welding, mathematical algorithm of computer simulation of welding processes and objects, finite element method, residual stresses and strain.

В авиационной технике постоянно требуется совершенствовать технологию сварки деталей малых толщин из титановых сплавов.

Существует ряд сложностей при сварке тонколистовых металлов или изделий из них. Большие местные деформации в области шва, вызванные воздействием источника тепла сварки, которые в совокупности приводят к

значительным общим деформациям всего изделия находятся среди основных проблем.

Для избежания больших деформаций, а в некоторых случаях и потери устойчивости формы изделия, требуется проводить проектирование сложной и высокотехнологичной сварочной оснастки, которая будет иметь необходимую жесткость и прочность, способную компенсировать силовое влияние сварочных швов.

В современных условиях авиационного производства, обеспечить сокращение сроков проектирование, его точность и эффективность можно за счет использования компьютерных расчетов, где при помощи вычислительных алгоритмов возможно создать имитационные математические модели процессов и объектов сварки.

Именно такой подход был применен для проектирования сварочной оснастки детали «Раструб» летательного аппарата.

Деталь имеет форму конуса (рис. 1), который сваривается четырьмя сварочными швами, способом неплавящимся вольфрамовым электродом в среде аргона.

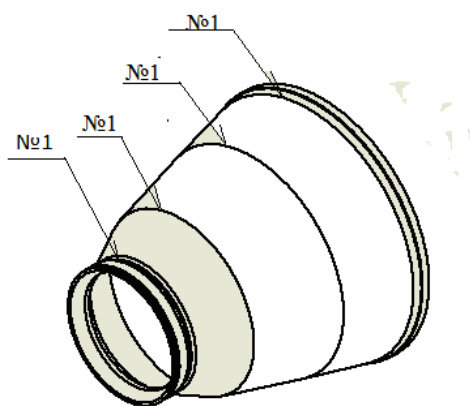


Рис. 1. Сварочные швы детали «Раструб»

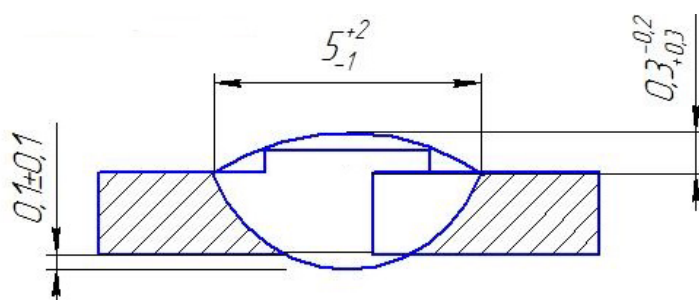


Рис. 2. Геометрические характеристики сварного шва

Так как предусмотрено автоматизированное выполнение сварки в нижнем положении, сварочная оснастка должна выдерживать вес конструкции, обеспечивать защиту корня шва, а также позволять удобно выполнять процесс сборки и установки детали.

Для учета этих требований была предложена ступенчатая коническая форма оснастки, с требуемыми жесткостными характеристиками в области сварки (рис. 3).

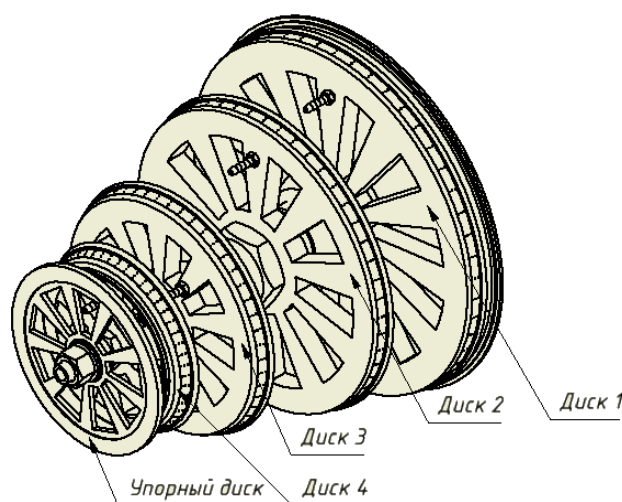


Рис. 3. Предлагаемая сварочная оснастка. Вид общий

Так как сварочные деформации локализованы в области шва и имеют схожую форму, исследовалась только наименее жесткая часть оснастки (Диск 1) и свариваемой детали (швы № 1) соответственно.

Расчеты проводились на основе деформационного подхода методом конечных элементов (КЭ) в программе *Mathcad 14*. Суть метода деформаций сводится к рассмотрению задачи сварки как чисто механической, в которой определяются только остаточные деформации и напряжения. Прикладываемые усилия рассчитываются исходя из температуры нагрева и коэффициента теплового расширения материала Вт6.

Исследования были проведены на плоской модели, так как конструкция оснастки и детали осесимметричны.

Для проведения расчета требовались упругие механические характеристики материала «Раструб»Вт6 и оснастки Ст3 при комнатной

температуре, ширина сварочной ванны и условия закрепления детали на оснастке. Данные сведены в таблицу 1.

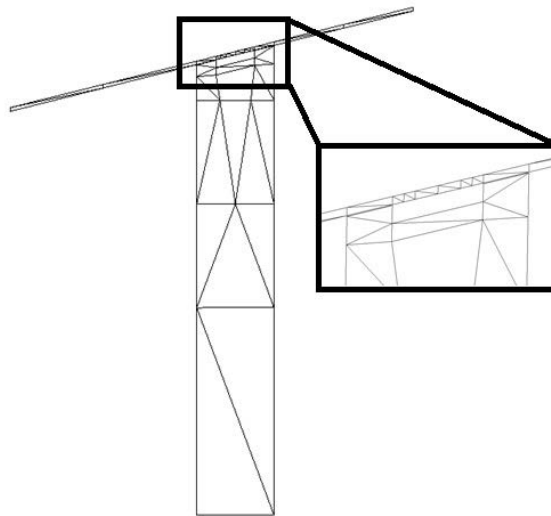


Рис. 4. Плоская КЭ модель оснастки с установленной деталью

Таблица 1

Упругие механические характеристики Вт6 и Ст3 используемые в расчете

Данные для расчета	Значения при 20 °С
Предел текучести Вт6	715 МПа
Предел текучести Ст3	250 МПа
Модуль Юнга Вт6	115000 МПа
Модуль Юнга Ст3	210000 МПа
Коэф. Пуассона	0.3

Определение ширины ванны было проведено по схеме линейного подвижного источника в пластине. Результаты приведены на рис. 5.

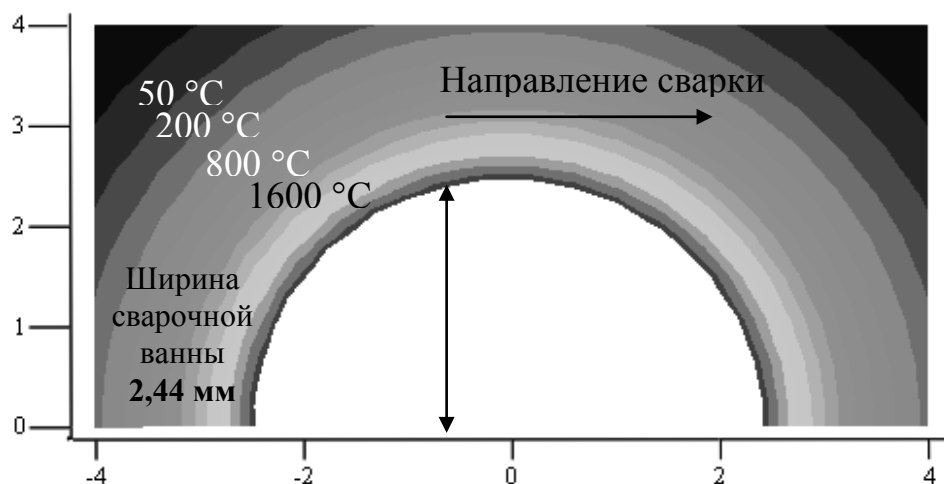


Рис. 5. Температурные поля от действия источника сварки

По полученным температурным полям усилия влияния сварки были рассчитаны по формуле (1).

$$F = (E \cdot \alpha_{пл} \cdot (T_{плавления} - T_{среды})) \cdot S \quad (1)$$

где F – осевое сжимающее усилия сварочного шва;

E – Модуль Юнга Вт6;

$\alpha_{пл}$ – коэффициент теплового расширения для Вт6;

$T_{плавления}$ – температура плавления для Вт6;

$T_{среды}$ – температура среды сварки;

S – площадь продольного сечения сварочного шва;

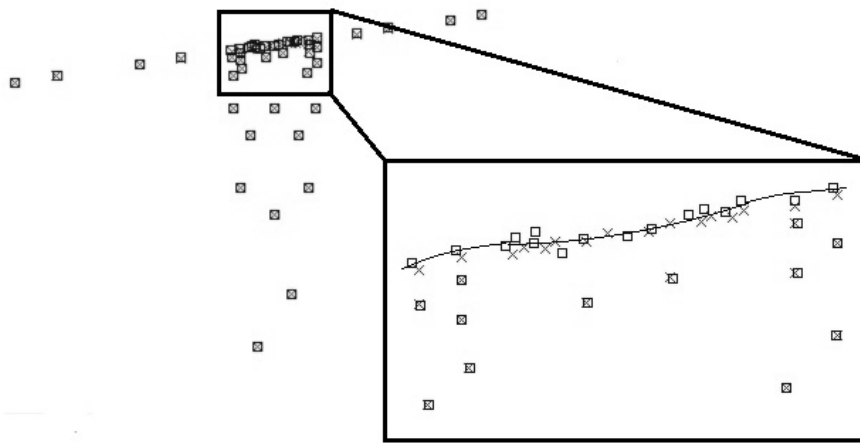


Рис. 6. Форма деформаций после сварки для шва №1

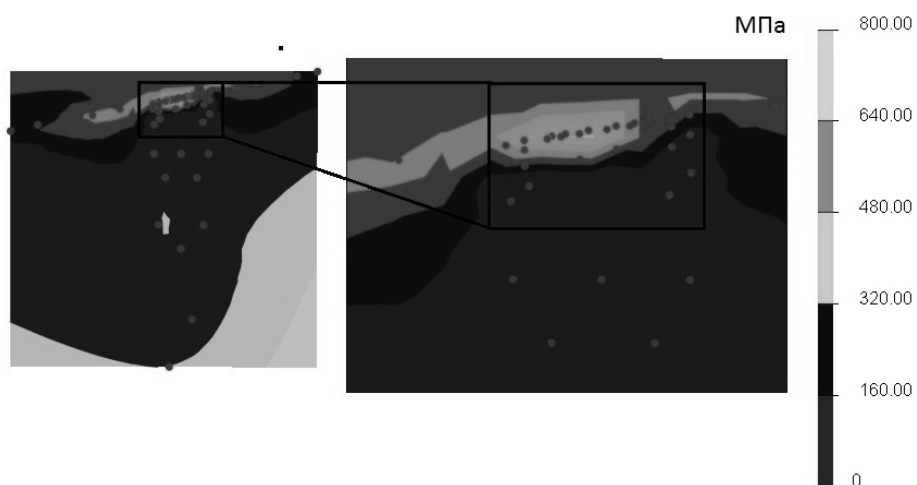


Рис. 7. Поля остаточных напряжений после сварки, МПа

На основании проведенных расчетов были проверены стойкость оснастки к усилиям влияния сварочных швов, а также величины местных сварочных напряжений и деформаций (рис. 7).

Определенные напряжения показывают, что предложенная форма оснастки работает упруго, так как уровень остаточных напряжений не превышает 160 МПа, и имеет значительный запас конструкционной прочности.

Список литературы

1. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М. : Мир, 1979. – 392 с.
2. Рыкалин Н. Н. Расчеты тепловых процессов при сварке. – М. : Машгиз, 1951. – 296 с.
4. Гатовских К. М., Кархин В. А. Теория сварочных деформаций и напряжений : учебное пособие. – Ленинград, 1980.
3. Соколовский В. В. Теория пластичности. – М.:Высш. шк., 1969. – 608 с.
4. Пономаренко Д. В., Сюкасов Г. М. Механизм возникновения сварочных напряжений и деформаций : учеб. электр. текстовое изд. Каф. «Технология сварочного производства». – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2009.